

All-Union Scientific Research
Institute Of Scientific
and Technological Problems
Information in Construction
(VNII Information of Gosstroy of USSR)

Achievements of Leading Teams in Construction

Information Bulletin

No. 6 1989

Moscow

UDK 69.001.8

The results of the tests of several thousand reinforced concrete and prestressed commercial structural members and laboratory samples were studied at the Central Research Institute TSNIIpromzdaniy. The strength safety of the reinforced concrete and prestressed structural members and factors determining this safety were analyzed. A proposal was made of an estimation of the strength safety enabling to use the data on the strength test results of structural members and materials (reinforcement and concrete). A considerable, and in some cases, decisive effect of the character of distribution of applied forces along the structural members on their strength safety were studied.

The proposals have been developed on specifying the strength safety of the reinforced and prestressed concrete structural members and on the design of bending members with a predetermined strength safety level (taking into account the probability of failure along both normal and inclined cross section). The realization of these proposals as applied to the mass-production structural members (floor and roof slabs) makes it possible to reduce the consumption of steel for the tension reinforcement by 8-10%.

Author: Dr. N.Ya. Sapozhnikov
Scientific editor: A.A. Kovalev

USSR State Committee of Construction

STRENGTH SAFETY OF PRECAST AND PRESTRESSED REINFORCED CONCRETE
STRUCTURAL MEMBERS

Appendix 1
Page 4
Table 12

Statistical characteristics of test results of commercial structural prestressed flexural members with high strength bars as prestressed reinforcement designed according to Russian building code, produced and tested at the Russian plants by specialized organizations.

Name of structural members	Type of loading	Failure mode with the volume of sampling			Statistical characteristics of ratios $M_{\text{test}}^{\text{fail}}/M_{\text{des}}$; $V_{\text{test}}^{\text{fail}}/V_{\text{des}}$			Probability $P(M_{\text{test}}^{\text{fail}} > M_{\text{des}})$ or $P(V_{\text{test}}^{\text{fail}} > V_{\text{des}})$	Minimum value of ratio $M_{\text{test}}^{\text{fail}}/M_{\text{des}}$ or $V_{\text{test}}^{\text{fail}}/V_{\text{des}}$ for sampling
		F	C	S	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation		
I. Core slabs with bar prestressed reinforcement									
a. Grade AIV	1	379			1.7742	0.3142	0.177	2.46	0.9930
b. Grade AtV	1	514			1.800	0.3542	0.1963	2.15	0.9877
c. Total sampling	1		27		1.587	0.192	0.1209	3.06	0.9988
				21	1.518	0.2418	0.1592	2.14	0.9838
	2		26		2.22				1.1
II. Flat slabs	1	146			1.9535	0.4317	0.2209	2.21	0.9864
			4						1.6
	2		22	2.16					1.44
III. Ribbed slabs with prestressed reinforcement									
a. Grade AIIIb	1	125			1.528	0.2027	0.1326	2.6	0.9953
b. Grade AIV	1	156			1.82	0.3878	0.213	2.11	0.9826
c. Grade AtV	1	58			1.68	0.22	0.1309	3.09	0.9989
Total sampling			19		1.72				1.39
				40	1.7575	0.608	0.345	1.25	0.8944
IV. Rafter beams	1	32			1.625	0.35	0.2152	1.79	0.9633
			80		1.69	0.2406	0.1423	2.87	0.9979
				24	1.6125	0.2195	0.1361	2.79	0.9973
									1.18

Remarks to Table 12

I. Types of loading -

1. Equally distributed loads

2. Equally distributed loads plus two concentrated forces at the quarters of span from supports.

II. Failure modes -

1. F - flexural failure
2. C - compressive failure
3. S - shear failure.

III. $M_{\text{test}}^{\text{fail}}, V_{\text{test}}^{\text{fail}}$ - values of experimental failure bending moments and shear forces.

IV. $M_{\text{des}}, V_{\text{des}}$ - estimations of factored bending moments and shear forces, i.e. required flexural and shear strength according to the Russian building code.

V. β - strength safety factor derived from the assumption of normal distribution of the density of probability of ratios $M_{\text{test}}^{\text{fail}}/M_{\text{des}}, V_{\text{test}}^{\text{fail}}/V_{\text{des}}$.

VI. $P(M_{\text{test}}^{\text{fail}} > M_{\text{des}}); P(V_{\text{test}}^{\text{fail}} > V_{\text{des}})$ - strength safety estimations derived from the assumption of normal distribution of the density of probability of ratios $M_{\text{test}}^{\text{fail}}/M_{\text{des}}, V_{\text{test}}^{\text{fail}}/V_{\text{des}}$. AIIIb, AIV, AtV - Russian Grades high strength bar reinforcement with the minimum conventional yield strength point (0.2% offset) 5500 kgf/cm^2 (78600 psi), 6000 kgf/cm^2 (85700 psi) and 8000 kgf/cm^2 (114500 psi) correspondently.

The statistical characteristics of the ratio $P_{fail}^{test}/P_{des}^{SNiP}$ derived from the test results of the laboratory-made and commercial reinforced concrete columns. P_{des}^{SNiP} – estimation of the capacity of compressed members according to the Russian building code.

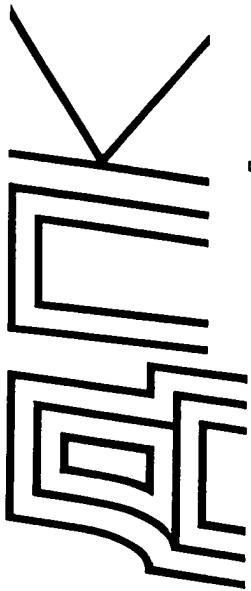
Sampling	Volume of sampling	Statistical characteristics of the ratio $P_{fail}^{test}/P_{des}^{SNiP}$			Probability $P(P_{fail}^{test} > P_{des}^{SNiP})$		
		Average	Standard	Coefficient of variation	β	P_{theor}	P_{emp}
1	2	3	4	5	6	7	8
Laboratory made samples							
A. Axially loaded members with Dimensions greater than 20x20cm	250	1.420	0.2710	0.1908	1.540	0.9382	0.9760
B. Eccentrically loaded members Total set	119	1.482	0.4810	0.3238	1.000	0.8413	0.8821
Members with the $\zeta \leq \zeta_R$ (flexural mode of failure)	303	1.293	0.4720	0.3650	0.620	0.7324	0.7662
Members with the $\zeta > \zeta_R$ (compressive Mode of failure)	308	1.654	0.4430	0.2680	1.475	0.9300	0.9885
Influence of the scale factor							
Members less than 30x30, 25x35cm	441	1.508	0.5390	0.3574	0.942	0.8270	0.8620
Members greater than 30x30, 25x35cm	170	1.429	0.3800	0.2659	1.130	0.8708	0.9346
Influence of relative eccentricity							
$e_0/h \leq 0.166$	170	1.445	0.3433	0.2375	1.300	0.9032	0.8760
$0.166 < e_0/h \leq 0.5$	248	1.442	0.4134	0.2866	1.070	0.8577	0.9222
$e_0/h > 0.5$	193	1.586	0.6690	0.4218	0.875	0.8092	0.8340
Influence of the slenderness effect							
$l/h \leq 10$	434	1.510	0.4437	0.2938	1.150	0.8749	0.9300
$10 < l/h \leq 20$	69	1.492	0.5150	0.3451	0.955	0.8302	0.9248
$l/h > 20$	108	1.383	0.6500	0.4699	0.590	0.3224	0.6800
Commercial axially loaded columns Produced by the Moscow plants	111	1.716	0.3413	0.1988	2.1	0.9821	0.9729

Remarks to Table 24

1. β - strength safety factor derived from the assumption about normal distributions of the density of probability of the ratio $P_{fail}^{test}/P_{des}^{SNiP}$.
2. P_{theor} – theoretical estimation of the probability derived from the assumption about normal distributions of the density of probability of the ratio $P_{fail}^{test}/P_{des}^{SNiP}$.
3. P_{emp} – empirical estimation of probability.

УДК 69.001.8

ВСЕСОЮЗНЫЙ
НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ
ПРОБЛЕМ
АУДИО-
ХИМИЧЕСКОГО
ОГРНСА
ИФОРМАЦИИ
СТРОИТЕЛЬСТВА
СССР
(ВНИИПТИ)
МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ
Научно-исследовательский институт проблем аудио-химического прогресса информации строительства СССР



Издаётся с 1989 г.
8 выпусков в год

На основании изучения результатов испытаний не сколь-
ких тысяч железобетонных натурных конструкций заводского
изготовления и лабораторных образцов в ЦНИИпромэда-
ний Госстроя СССР проведен анализ надежности железобе-
тонных конструкций и определяющих ее факторов. Предло-
жена оценка надежности, позволяющая использовать значи-
тельную информацию об изменчивости прочностных свойств
конструкций и материалов - арматуры и бетона. Установле-
но значительное, а в ряде случаев определяющее влияние
характера распределения действующих усилий по длине эле-
мента на его надежность.

Разработаны предложения по нормированию надежности
железобетонных конструкций и по расчету изгибаемых кон-
струкций с заданным уровнем надежности (с учетом веро-
ятности отказа и по нормальному и по наклонным сечениям)
Реализация этих предложений применительно к наиболее
массовым конструкциям - плитам покрытий и перекрытий
открывает возможность снижения расхода стали на продоль-
ное армирование на 8-10 %.

Автор: канд.техн.наук Н.Я.Сапожников

Научный редактор : А.А.Ковалев

Ответственный за выпуск: В.Н.Козырева

6'89

© ВНИИПТИ Госстроя СССР, 1989

МОСКОВА 1989

СОДЕРЖАНИЕ

НАДЕЖНОСТЬ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРОЧНОСТИ

Введение.....	3
Надежность оценок прочностных и деформативных свойств арматуры железобетонных конструкций.....	6
Надежность изгибаемых элементов.....	27
Оценка надежности изгибаемых элементов по прочности нормальных сечений по результатам испытаний натурных конструкций и лабораторных образцов.....	39
Анализ надежности прочности нормальных сечений.....	53
Превышение требуемой площади сечения арматуры на стадии проектирования.....	54
Повышение проектной площади сечения арматуры при заменах диаметров в производственных условиях.....	56
Влияние эпюры моментов на надежность изгибаемых элементов по нормальному сечению.....	64
Надежность изгибаемых элементов по прочности наклонных сечений	71
Надежность центрально и внецентрически сжатых железобетонных элементов	87
Нормирование надежности железобетонных конструкций	103
Расчет изгибаемых элементов с заданным уровнем надежности.....	112
Заключение	122
Использованная литература.....	125

ВВЕДЕНИЕ

Материоалоемкость железобетонных конструкций в значительной степени определяется требуемым уровнем их надежности. Однако действующими в СССР и ряде других стран полувероятностными методами расчета этих конструкций нормируется только надежность расчетных оценок прочностных свойств материалов — якорь-мативных сопротивлений арматуры и бетона. Надежность конструкции не нормируется. На основании многолетней практики проектирования, изготовления и применения железобетонных конструкций их надежность...

вполне обоснованно считается удовлетворительной. При этом предполагается, что рассчитанные на прочность по одним и тем же прочностным характеристикам арматуры и бетона различные конструкции равнодежны.

Однако надежность железобетонных конструкций зависит не только от надежности расчетных сопротивлений материалов, но и от ряда других факторов, в том числе от распределения усилий по длине элемента, в результате чего получается широкий спектр оценок надежности. Наличие этого спектра оценок, удовлетворительность которых подтверждается практикой, позволяет поставить вопрос о реизервах материалаемкости, связанных с неравнодежностью конструкций. Такая постановка задачи возможна на основе нормирования надежности конструкций, а не только расчетных оценок прочности арматуры и бетона.

Нормирование надежности железобетонных конструкций может быть реализовано на базе анализа оценок фактических уровней надежности для различных групп

надежности.

Таблица I2

32

Результаты испытаний изгибаемых преднапряженных конструкций заводского изготовления со стержневой рабочей арматурой

Наименование конструкций	Характер нагружения	Вид разрушения (объем выборки, шт.)			Среднее	Стандарт	Коэффициент вариации $C_v(C)$	Вероятность $P(C > 1)$		Примечания
		из-за текучести рабочей арматуры	по бетону сжатой зоны	по нахлонному сечению				t	$P_{теор.}$	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
Многопустотный настил с рабочей арматурой класса А-IU А _T -У по всей выборке	p.p. x)	379			I,7742	0,3142	0,177	2,46	0,9930	
		514			I,8000	0,3542	0,1968	2,15	0,9877	
		27			I,587	0,192	0,1209	3,06	0,9988	$C_{min}=I,14$
	p.p.+2P ^{xx})		21		I,518	0,2418	0,1592	2,14	0,9838	$C_{min}=I,1$
			26		2,22					$C_{min}=I,52$
Плоские плиты	p.p.	I46			I,9535	0,4317	0,2209	2,21	0,9864	
	p.p.+2P			4						$C_{min}=I,6$
				22	2,16					$C_{min}=I,44$

Продолжение табл. I2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
Плиты ребристые с рабочей арматурой класса: AШ-B A-IU A _T -У по всей выборке	p.p.	I25			I,528	0,2027	0,1326	2,6	0,9953	
		I56			I,82	0,3878	0,213	2,11	0,9826	
		58			I,68	0,22	0,1309	3,09	0,9989	
		I9			I,72					$C_{min}=I,39$
			40		I,7575	0,608	0,345	I,25	0,8944	$C_{min}=I,46$
	В том числе: плит покрытый $\ell=6$ м с рабочей арматурой класса: AШ-B, A-IU	60			I,5618	0,1865	0,1194	3,01	0,9986	
		28			I,6678	0,2687	0,1611	2,48	0,9934	
			4							$C_{min}=I,4$
		50			I,4856	0,1620	0,109	3,0	0,9986	
			3							$C_{min}=I,75$
	плит перекрытий	53			I,69	0,2653	0,1569	2,6	0,9960	
			17		I,503					$C_{min}=I,62$
		32			I,626	0,35	0,2152	I,79	0,9633	$C_{min}=I,22$
балки стропильные	p.p.	80			I,69	0,2406	0,1423	2,87	0,9979	$C_{min}=I,07$
			24		I,6125		0,1361	2,79	0,9973	$C_{min}=I,18$

x) Равномерно распределенная нагрузка.

xx) Равномерно распределенная нагрузка плюс две силы у опор.

33

Таблица 24

Надежность расчета центрально и внерадиально сжатых
элементов из тяжелого бетона

Выборка	Объем выборки, шт.	Характеристика выборки			Вероятность $P(C > I)$		
		среднее значение \bar{c}	стандарт $\sigma(c)$	коэффициент вариации $c_v(c)$	t	$P_{\text{теор.}}$	$P_{\text{эмп.}}$
I	2	3	4	5	6	7	8
Центрально сжатые элементы							
Элементы сечением менее 20x20 см (полная выборка):							
с учетом масштабного коэффициента 0,9	576	1,66	0,3	0,1807	2,19	0,9857	0,99826
без учета масштабного коэффициента	576	1,49	0,3	0,2013	1,64	0,9495	-
Элементы сечением менее 20x20 см с арматурой классов: A-III - A-I							
с учетом масштабного коэффициента 0,9	439	1,605	0,3	0,1869	2,03	0,9788	0,9977
без учета масштабного коэффициента	439	1,445	0,3	0,2076	1,49	0,9319	-

Продолжение табл. 24

I	2	3	4	5	6	7	8
Элементы сечением более 20x20 см	250	1,42	0,271	0,1908	1,54	0,9382	0,976
Полная выборка	826	1,59	0,312	0,1962	1,88	0,9699	0,9915
Внеконтактно сжатые элементы							
Полная выборка	6II	1,482	0,481	0,3238	1,0	0,8413	0,8821
Элементы с $\xi \leq \xi_R$	303	1,293	0,472	0,365	0,62	0,7324	0,7662
Элементы с $\xi > \xi_R$	308	1,654	0,443	0,268	1,475	0,93	0,9885
Выборка с 1955 г.	329	1,5II	0,536	0,3547	0,953	0,829	0,8815
Влияние масштабного фактора:							
элементы сечением $\leq 30x30, 25x35$ см	44I	1,508	0,539	0,3574	0,942	0,827	0,862
элементы сечением $> 30x30, 25x35$ см	I70	1,429	0,38	0,2659	1,13	0,8708	0,9346
Влияние эксцентриситетов:							
$\ell_0/h \leq 0,166$	I70	1,445	0,3433	0,2375	1,3	0,9032	0,876
$0,166 < \ell_0/h \leq 0,5$	248	1,442	0,4134	0,2866	1,07	0,8577	0,9222
$\ell_0/h > 0,5$	I93	1,586	0,669	0,4218	0,875	0,8092	0,834